

Розроблено методику оцінювання рівня якості відновлюючих антифрикційних протизносних добавок (ВАПД) до паливно-мастильних матеріалів. Апробація розробленої методики підтвердила її роботоздатність і дала кількісну оцінку рівня якості добавки «РВС ПС» у вигляді інтегрального показника – 3,978. За розробленою методикою можна оцінити рівень якості інших ВАПД. Встановлено, що добавка «РВС ПС» проявляє найбільшу ступінь відновлення (близько 36 %) у спраженнях, вузлах і агрегатах, зношених від 80 % до 100 %

Ключові слова: спраження, вузли і агрегати машин, відновлення, добавки, рівень якості, методика оцінювання

Разработано методику оценки уровня качества восстанавливающих антифрикционных противозносных добавок (ВАПД) к топливо-смазочным материалам. Апробация разработанной методики подтвердила ее работоспособность и дала количественную оценку уровня качества добавки «РВС ПС» в виде интегрального показателя – 3,978. С использованием разработанной методики можно оценить качество других ВАПД. Установлено, что добавка «РВС ПС» проявляет наибольшую степень восстановления (около 36 %) в сопряжениях, узлах и агрегатах, изношенных от 80 % до 100 %

Ключевые слова: сопряжения, узлы и агрегаты машин, восстановление, добавки, уровень качества, методика оценки

УДК 621.899

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.49189

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЮЮЧИХ ПРОТИЗНОСНИХ ДОБАВОК ДО ПАЛИВНО- МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

П. М. Фастовець

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник

Національний науковий центр

«Інститут механізації та

електрифікації сільського господарства»

вул. Вокзальна, 11, смт. Глеваха,

Васильківський р-н, Київська обл., Україна, 08631

E-mail: remdeta1_fp@ukr.net

1. Вступ

Уже довгий час на ринку автосервісу України присутні відновлюючі антифрикційні протизносні добавки (надалі ВАПД або добавки) до паливно-мастильних матеріалів. До вітчизняних відносяться відомі торгові марки ХАДО, Мегафорс, Нанопротек, Формула АВ, ГЕОМ. Поряд з цим пропонується близько 30 подібних продуктів закордонного виробництва. Через насиченість ринку ВАПД із схожими технічними характеристиками у споживачів виникає проблема вибору. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є обґрунтування раціонального співвідношення «ціна-якість», яке має ґрунтуватись на відповідній методиці. На сьогодні поки що не існує загальноприйнятої методики оцінювання рівня якості ВАПД.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

У електронному ресурсі [1] наведено порівняльну таблицю ефективності ВАПД для двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) за результатами уже відомих досліджень. За інтегральним коефіцієнтом ефективності ВАПД як суми чотирьох її показників найкращий результат показали геомодифікатори тертя (ГМТ), серед яких найбільш ефективною виявилась добавка Супротек. На останньому місці виявилась металоплакуюча

присадка (МПП) Металлайз. У цьому дослідженні порівняли лише 12 добавок із близько 200 відомих. Не означено критерії відбору саме цих добавок для порівняння. Не вказано на яких ДВЗ виконували випробування і який був їх технічний стан.

У роботі [2] запропоновано оцінювати ефективність ВАПД не за результатами експлуатації ДВЗ, а на створеній машині тертя у лабораторних умовах. Оцінено близько 20 ВАПД і встановлено, що найкращим є кондиціонер металів (КМ) Eco Universal Oil-Package фірми «Wagner». Геомодифікатори тертя, зокрема Супротек, значно поступаються цьому КМ. Результатів перевірки запропонованої методики шляхом порівняльних експлуатаційних випробувань у даній статті не наведено, але ефективність КМ Eco Universal Oil-Package фірми «Wagner» підтверджено за результатами стендових випробувань дизеля Д-240 і експлуатаційних випробувань дизеля ЯМЗ-240 [3] та стендових випробувань коробки передач трактора Т-170с [4].

Порівняльні лабораторні випробування реметалізанти на основі наночастинок кольорових металів у якості добавок до моторної оливи М-10-Г2 виконано у дисертаційному дослідженні [5]. Було встановлено ефективність добавки «Кластер-М» та підтверджено цей результат під час стендових випробувань дизеля А-01М.

За результатами порівняльних випробувань шести ВАПД на машині тертя СМЦ-2 найефективнішим виявився ГМТ РВС [6].

Таким чином, відсутність єдиного методичного підходу до порівняльного оцінювання ефективності ВАПД унеможливує отримання об'єктивної оцінки рівня якості добавок. Наприклад, за результатами [1] ГМТ Супротек у разі ефективніше від інших ВАПД, а за результатами [2], навпаки, ефективність цієї добавки знаходиться на рівні з іншими ГМТ і значно поступається КМ, а згідно із [6] найефективнішим є ГМТ РВС.

Для розроблення такої методики потрібно було класифікувати наноструктуровані матеріали і, зокрема, ВАПД, означити параметри процесу відновлення, проаналізувати відомі методики оцінювання ефективності ВАПД, обґрунтувати ВАПД для наглядного прикладу застосування нової методики.

Класифікацію наноматеріалів запропоновано у роботі [7] та удосконалено у роботі [8]. ВАПД віднесено до групи функціональних відновлюючих наноматеріалів, які здатні модифікувати тертя або утворювати антифрикційні, зносостійкі та адгезивні плівки і покриття. Самою чисельною є група геомодифікаторів тертя.

Параметри процесу відновлення із застосуванням ВАПД означені у роботі [9]. На прикладі дизельних двигунів процес експлуатаційного відновлення параметрів технічного стану (ПТС) описано за допомогою 22 характерних параметрів, з яких тільки шість параметрів уже відомі з достатньою достовірністю, а інші потребують додаткових експериментальних досліджень.

Для оцінювання якості будь-якої продукції необхідно вирішити проблему перетворення багатокритеріальної задачі оцінювання якості у однокритеріальну [10, 11]. Широко застосовують метод профілів, за яким всю множину показників якості об'єднують без зважування в один інтегральний показник. Цей метод не враховує вагомості показників. Цього недоліку у значній мірі позбавлений метод аналізу ієрархій (МАІ). Показники якості складних виробів ієрархічно групують. Всередині групи показники приймаються рівноцінними і груповий показник розраховують методом профілів. Потім групові показники зважують і розраховують інтегральний показник. На основі цього методу запропоновано методику оцінювання якості автомобілів [12]. Для оцінювання показників найнижчого рівня якості застосовують результати випробувань, розрахункові формули і метод бального оцінювання.

Аналізування хронологічної послідовності створення ВАПД і обсягів науково-технічної інформації показало, що апробацію методики оцінювання рівня якості ВАПД доцільно виконати для геоактиватора «РВС ПС» (НПО «Руспромремонт»). Дослідженню геоактиватора «РВС ПС» і його попередників присвячено близько 70 публікацій і тез у періодичних виданнях і на конференціях [13], близько 10 звітів про НДР. Продукти «РВС ПС» створені на основі наукового відкриття [14] і захищені 6-ма патентами. Для ДВЗ вказано, що у разі застосування «РВС ПС» значно зменшується потреба у ремонтному і діагностичному обладнанні, а час обкатування скорочується від 30 год до 20 хв [15]. Порівняно з кращими аналогами зменшується коефіцієнт тертя, зміцнюється поверхня тертя, компенсується знос, підвищується КПД двигуна.

3. Ціль та задачі дослідження

Проведені дослідження ставили за мету розробити та апробувати методику оцінювання рівня якості ВАПД.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі задачі:

- означити і згрупувати показники рівня якості ВАПД та розробити розрахункові формули для їх визначення або бального оцінювання цих показників;
- визначити вагомості групових показників;
- апробувати розроблену методику для добавки «РВС ПС».

4. Методи розв'язання поставлених задач

Групування і означення показників рівня якості ВАПД виконували методами індукції і бального оцінювання.

Визначення вагомості групових показників рівня якості ВАПД виконували методом аналізу ієрархій.

Апробування розробленої методики виконували на прикладі добавки «РВС ПС». Для цього виконували систематизацію, аналізували і обробляли результати лабораторних досліджень, стендових і експлуатаційних випробувань добавки «РВС ПС», оцінювали рівень її якості та означували технічні характеристики цієї добавки.

5. Результати досліджень із означення та оцінювання показників рівня якості ВАПД

Із врахуванням результатів відомих досліджень [4–7] прийнято три рівні показників якості ВАПД (табл. 1). Найвищий рівень – перший. Послідовність розрахунків така: спочатку розраховують показники III рівня, потім – показники II рівня (групові) і завершують розрахунком інтегрального показника якості.

Показник $K_{1,1}$, який характеризує ступінь відновлення n -ї кількості ПТС і (або) діагностичних параметрів із врахуванням відносної тривалості відновлення ПТС або відносного наробітку після внесення добавки до досягнення максимального ефекту від застосування добавки або до досягнення ПТС межі свого зростання із максимальною інтенсивністю, оцінюють коефіцієнтом відновленого ресурсу і часом відновлення та розраховують за формулою:

$$K_{1,1} = t_{\text{в}} \sum_{i=1}^n \frac{1}{(t_{\text{вд}})_i} \xi_i (R_{\text{вд}})_i, \quad (1)$$

де $t_{\text{в}}$ – середня тривалість відновлення роботоздатного стану агрегату (вузла, спряження) із розбиранням і заміною зношених деталей, год.; ξ_i – вагомості i -го ПТС і (або) i -го діагностичного параметра, який вибирають у залежності від комбінації ПТС; n – число ПТС і (або) діагностичних параметрів, які контролювали; $(t_{\text{вд}})_i$ – тривалість відновлення i -го ПТС або наробіток після внесення добавки до досягнення максимального ефекту від її застосування або до досягнення i -им ПТС межі свого зростання із максимальною інтенсивністю, год.; $(R_{\text{вд}})_i$ – коефіцієнт відновленого ресурсу за i -м ПТС і

(або) діагностичним параметром, який розраховують (додавки), номінальне і граничне значення і-го ПТС і за формулою (2): (або) діагностичного параметра.

$$(R_{\text{від}})_i = \left\{ \begin{array}{l} \frac{(P_{\text{вд}} - P_i)}{(P_{\text{н}} - P_{\text{г}})}, \text{ для параметрів, які зменшуються під час експлуатації} \\ \frac{(P_i - P_{\text{вд}})}{(P_{\text{г}} - P_{\text{н}})}, \text{ для параметрів, які зростають під час експлуатації} \end{array} \right\}, (2)$$

де P_i , $P_{\text{вд}}$, $P_{\text{н}}$, $P_{\text{г}}$ – відповідно поточне (перед застосуванням додавки), відновлене (після застосування

Для ДВЗ вагомість ПТС вибирають за таким співвідношенням: експлуатаційна потужність – 0,26; витрата пального – 0,18; вібрація – 0,18; тиск стискання у циліндрах – 0,18; тиск масла – 0,07; повний або залишковий вакуум у циліндрах – 0,06; нерівномірність тиску стискання – 0,05; димність відпрацьованих газів – 0,02.

Таблиця 1

Показники рівня якості ВАПД

Показник якості I рівня	Показник якості II рівня	Показник якості III рівня		
		Назва показника	Умовне позначення	Номер формули
Інтегральний	Відновлювально-ресурсний (P_1)	Ступінь відновлення ПТС або діагностичних параметрів дизеля (агрегату, вузла, спряження) і наробіток з моменту внесення додавки до моменту досягнення максимального ефекту від її застосування	$K_{1.1}$	1–5
		Відносна стійкість проти деградації ПТС або діагностичних параметрів дизеля (агрегату, вузла, спряження) у процесі їх експлуатації після оброблення додавкою	$K_{1.2}$	6, 7
		Ступінь зношення (ступінь вичерпання ресурсу, ступінь деградації ПТС або діагностичних параметрів і їх наближення до граничних значень) дизеля (агрегату, вузла, спряження) перед застосуванням додавки	$K_{1.3}$	8, 9
		Показник, який враховує вид випробувань (стендові випробування дизеля (агрегату, вузла) або випробування в умовах виробничої експлуатації)	$K_{1.4}$	Бальна оцінка
		Показник, який враховує наявність очищуючих властивостей додавки і ступінь очищення спряжених поверхонь деталей	$K_{1.5}$	Бальна оцінка
		Показник, який враховує відсутність короткочасної деградації ПТС (діагностичних параметрів) на початку дії додавки з моменту її внесення	$K_{1.6}$	Бальна оцінка
	Тріботехнічний (P_2)	Ступінь комплексного прояву антифрикційних, протизадирних, протизношувальних і відновлюючих властивостей додавки, виявлених за результатами лабораторних випробувань трібоспрями на машинах тертя	$K_{1.7}$	10–14
	Комунікативний (P_3)	Показник, який враховує відсутність негативного впливу результатів дії додавки на термостабільність двигуна	$K_{1.8}$	Бальна оцінка
		Показник, який враховує відсутність негативного впливу додавки на якість мастильного матеріалу і відносну стійкість мастильного матеріалу проти деградації під час експлуатації	$K_{1.9}$	15, Бальна оцінка
		Стійкість ущільнень проти деградації під час експлуатації із застосуванням додавки	$K_{1.10}$	16, Бальна оцінка
		Оброблюваність поверхонь, які працювали у мастильному матеріалі із додавкою	$K_{1.11}$	Бальна оцінка
		Показник, який враховує відсутність шаржування під час експлуатації із застосуванням додавки	$K_{1.12}$	Бальна оцінка
	Безпеки та збережаності (P_4)	Ступінь екологічної безпеки додавки	$K_{1.13}$	Бальна оцінка
		Збережаність додавки і стійкість проти конгломерації нано- і мікрочастинок у складі додавки	$K_{1.14}$	Бальна оцінка
	Структурно-функціональний (P_5)	Показник фізичного стану і складу додавки та розміру і способів отримання її нано- і мікроструктурних елементів	$K_{2.1}$	Бальна оцінка
		Показник призначення і способів застосування додавки та механізму дії її нано- і мікроструктурних елементів	$K_{2.2}$	Бальна оцінка
	Інноваційний (P_6)	Показник кількості патентів і пріоритетності	$K_{3.1}$	17
		Показник, який враховує наявність промислового виготовлення, термін присутності на ринку з початку промислового виготовлення і обсяги виробництва та продажів	$K_{3.2}$	18

Якщо відсутня інформація про відновлені значення всіх ПТС або всіх діагностичних параметрів ($P_{вд}$) і про тривалості їх відновлення ($t_{вд}$), то $K_{1.1}=0$. Якщо відсутня інформація про тривалості відновлення ($t_{вд}$), то $K_{1.1}$ визначають за формулою:

$$K_{1.1} = \sum_{i=1}^n \xi_i (R_{вд})_i. \quad (3)$$

Якщо відсутня інформація про P_n і P_r , то $(R_{вд})_i$ можна визначати за формулою:

$$(R_{вд})_i = \begin{cases} \frac{P_{вд} - P_i}{P_i}, & \text{для параметрів, які зменшуються під час експлуатації} \\ \frac{P_i - P_{вд}}{P_i}, & \text{для параметрів, які зростають під час експлуатації} \end{cases}. \quad (4)$$

Значення $R_{вд}$ для нерівномірності тиску стискання у циліндрах двигунів внутрішнього згоряння визначають за формулою:

$$R_{вд} = t_{вд} [\max(P_{i+1} - P_i) - (\max(P_{i+1} - P_i))_{вд}] / [t_{вд} (P_r - P_n)]. \quad (5)$$

Різниця $(P_r - P_n)$ для дизелів становить 0,2 МПа, для двигунів з іскровим запаленням – 0,1 МПа.

Показник $K_{1.2}$, який характеризує відносну стійкість ПТС або діагностичних параметрів дизеля (агрегату, вузла, спряження) проти деградації у процесі їх експлуатації після оброблення добавкою, розраховують за формулами:

$$K_{1.2} = \sum_{i=1}^n K_i, \quad (6)$$

$$K_i = \frac{t_d(P_i) - t_d(P_{вд})}{t(P_i) - t(P_{вд})}, \quad (7)$$

де $(t_d(P_i) - t_d(P_{вд}))$ – наробіток обробленого добавкою дизеля (агрегату, вузла, спряження), за який його i -ий ПТС або i -ий діагностичний параметр деградував від значення $P_{вд}$ до значення P_i ; $(t(P_i) - t(P_{вд}))$ – наробіток необробленого добавкою дизеля (агрегату, вузла, спряження), за який його i -ий ПТС або i -ий діагностичний параметр деградував від значення $P_{вд}$ до значення P_i .

Показник $K_{1.3}$, який характеризує ступінь зношення (ступінь вичерпання ресурсу, ступінь деградації ПТС або діагностичних параметрів і їх наближення до граничних значень) дизеля (агрегату, вузла, спряження) перед застосуванням добавки, розраховують за формулами:

$$K_{1.3} = \sum_{i=1}^n \xi_i (R_{вик})_i, \quad (8)$$

де $(R_{вик})_i$ – коефіцієнт використаного ресурсу за i -м ПТС і (або) діагностичним параметром, який розраховують за формулою:

$$(R_{вик})_i = \begin{cases} \frac{P_n - P_i}{P_n - P_r}, & \text{для параметрів, які зменшуються під час експлуатації} \\ \frac{P_i - P_n}{P_r - P_n}, & \text{для параметрів, які зростають під час експлуатації} \end{cases}. \quad (9)$$

де P_i , P_n , P_r – відповідно поточне (перед внесенням добавки), номінальне і граничне значення i -го ПТС або i -го діагностичного параметра; ξ_i – вагомість i -го ПТС і (або) i -го діагностичного параметра, який вибирають за даними табл. 2 і у залежності від комбінації ПТС; n – число ПТС або діагностичних параметрів.

Якщо інформація про ступінь зношення дизеля (агрегату, вузла, спряження) відсутня, то приймають $K_{1.3}=0$.

Показник $K_{1.4}$, який враховує вид випробувань (стендові випробування дизеля (агрегату, вузла) або випробування в умовах виробничої експлуатації), визначають за бальною шкалою від “–2” до “2”. Якщо отримують негативний результат в умовах виробничої експлуатації, то приймають $K_{1.4}=-2$, якщо негативний результат в умовах стендових випробувань – $K_{1.4}=-1$, якщо позитивний результат в умовах виробничої експлуатації – $K_{1.4}=2$.

Показники $K_{1.5}$, $K_{1.6}$, $K_{1.8}$, $K_{1.11}$, $K_{1.12}$ і $K_{1.14}$ визначають за бальною шкалою від “–1” (якщо підтверджено, відповідно, відсутність очищуючих властивостей, наявність короткочасної деградації ПТС, наявність негативного впливу результатів дії добавки на терmostабільність двигуна, погіршення оброблюваності поверхонь, наявність шаржування і наявність осаджування та конгломерації нано- і мікрочастинок) до “1” (для прямо протилежних випадків).

Показник $K_{1.7}$, який характеризує ступінь комплексного прояву антифрикційних, протизадирних, протизношувальних і відновлюючих властивостей добавки, виявлених за результатами лабораторних випробувань трібоспрямижень на машинах тертя, розраховують за формулою:

$$K_{1.7} = \sum_{i=1}^4 \xi_i (\epsilon_i - 1), \quad (10)$$

де ϵ_i і ξ_i – показники (відносна антифрикційність, відносна задиростійкість, відносна зносостійкість, відновлююча здатність) і їх вагомості (0,1; 0,1; 0,3; 0,5).

Відносна антифрикційність ϵ_f – це показник який характеризує відносні антифрикційні властивості мастильного матеріалу із добавкою порівняно із мастильним матеріалом без добавки:

$$\epsilon_f = \frac{f}{f_d}, \quad (11)$$

де f – коефіцієнт тертя в умовах мащення без добавки; f_d – коефіцієнт тертя в умовах мащення з добавкою.

Відносна задиростійкість:

$$\epsilon_z = \frac{(I_z)_d}{I_z}, \quad (12)$$

де $(I_z)_d$ – індекс задиру (навантаження схоплювання) в умовах мащення з добавкою; I_z – індекс задиру в умовах мащення без добавки.

Відносна зносостійкість:

$$\epsilon_{\text{и}} = \frac{(E_{\text{и}})_{\text{д}}}{E_{\text{и}}}, \text{ або } \epsilon_{\text{и}} = \frac{W_{\text{и}}}{(W_{\text{и}})_{\text{д}}}, \text{ або } \epsilon_{\text{и}} = \frac{D_{\text{и}}}{(D_{\text{и}})_{\text{д}}}, \quad (13)$$

де $(E_{\text{и}})_{\text{д}}$, $(W_{\text{и}})_{\text{д}}$, $(D_{\text{и}})_{\text{д}}$ – зносостійкість, знос або швидкість зношування, діаметр п'ятна зносу в умовах мащення з добавкою; $E_{\text{и}}$, $W_{\text{и}}$, $D_{\text{и}}$ – зносостійкість, знос або швидкість зношування, діаметр п'ятна зносу в умовах мащення без добавки.

Показник відновлюючої здатності добавки:

$$\epsilon_{\text{в}} = \frac{h_{\text{д}}}{W_{\text{и}}}, \quad (14)$$

де $h_{\text{д}}$ – товщина плівки (покриття) на контактуючій поверхні або у трібоспряженні (або величина зменшення початкового зазору у трібоспряженні, наприклад, у підшипнику кочення, у парі “шестерня-шестерня” та ін.) після випробовування в умовах мащення з добавкою за час t ; $W_{\text{и}}$ – знос контактуючої поверхні або трібоспряження (початковий зазор у трібоспряженні, наприклад, у підшипнику кочення, у парі “шестерня-шестерня” та ін.) до випробовування або за той самий час випробувань t в умовах мащення без добавки.

Якщо є фотографії плівок (покриттів, нарощених шарів), то до показника $\epsilon_{\text{в}}$ добавляють числовий додаток 0,5.

Показник $K_{1,9}$, який враховує відсутність негативного впливу добавки на якість мастильного матеріалу і відносну стійкість мастильного матеріалу проти деградації під час експлуатації, визначають за бальною шкалою від “-1” до “2”. Для цього розраховують відносну стійкість мастильного матеріалу проти деградації під час експлуатації:

$$\epsilon_{\text{м}} = \frac{(t_{\text{м}})_{\text{д}}}{t_{\text{м}}}, \quad (15)$$

де $(t_{\text{м}})_{\text{д}}$ – ресурс мастильного матеріалу з добавкою; $t_{\text{м}}$ – ресурс мастильного матеріалу без добавки.

Якщо отримують $\epsilon_{\text{м}} > 1$, то цим самим вважають підтвердженням підвищення стійкості мастильного матеріалу проти деградації під впливом ВАПД під час експлуатації і у цьому разі $K_{1,9} = 2$. Якщо $\epsilon_{\text{м}} = 1$, то добавка не впливає на якісні показники мастильного матеріалу і приймають $K_{1,9} = 1$. Якщо отримують $\epsilon_{\text{м}} < 1$, то цим самим вважають підтвердженням негативний вплив ВАПД на якість мастильного матеріалу і у цьому разі $K_{1,9} = -1$. Якщо інформацію про вплив добавки на якість мастильного матеріалу не виявлено, то $K_{1,9} = 0$.

Показник $K_{1,10}$, який враховує стійкість ущільнень проти деградації під час експлуатації із застосуванням добавки, визначають за бальною шкалою від “-1” до “2” аналогічно до показника $K_{1,9}$. Для цього розраховують відносну стійкість ущільнення проти деградації під час експлуатації:

$$\epsilon_{\text{у}} = \frac{(t_{\text{у}})_{\text{д}}}{t_{\text{у}}}, \quad (16)$$

де $(t_{\text{у}})_{\text{д}}$ – ресурс ущільнення, яке експлуатували у мастильному матеріалі з добавкою; $t_{\text{у}}$ – ресурс ущільнення, яке експлуатували у мастильному матеріалі без добавки.

Якщо отримують $\epsilon_{\text{у}} > 1$, то цим самим вважають підтвердженням підвищення стійкості ущільнень проти деградації із застосуванням добавки під час експлуатації і у цьому разі $K_{1,10} = 2$. Якщо $\epsilon_{\text{у}} = 1$, то добавка не впливає на ущільнення і $K_{1,10} = 1$. Якщо отримують $\epsilon_{\text{у}} < 1$, то цим самим вважають підтвердженням негативний вплив ВАПД на ущільнення і у цьому разі $K_{1,10} = -1$.

Показник $K_{1,13}$, який характеризує ступінь екологічної безпеки добавки, визначають за бальною шкалою від “0” до “2”. Найнижчий бал встановлюють для добавки із недослідженим ступенем безпеки, а найвищий – для повністю безпечної добавки. Якщо є експериментальне підтвердження високого рівня безпеки або повної безпечності добавки, то потрібно додати ще один бал.

Показник $K_{2,1}$, який характеризує фізичний стан і склад добавки та розмір і способи отримання її нано- і мікроструктурних елементів, визначають за бальною шкалою від “0,1” до “2,5”. Найнижчий бал (0,1) встановлюють для добавки у вигляді суспензії, гелю або твердої суміші, для якої інформацію про склад та розмір і способи отримання її нано- або мікроструктурних елементів не виявлено. Бальна оцінка зростає із збільшенням числа структурних елементів і зменшенням їх розмірів від 20 мкм до кількох нанометрів, а також із підвищенням рівня технології їх отримання. Відповідно найвищий бал (2,5) встановлюють для добавки у вигляді суспензії, гелю або твердої із більш ніж трьома діючими наноструктурними елементами, розміром не більше 0,1 мкм, які отримали способом маніпулювання окремими атомами і молекулами.

Показник $K_{2,2}$, який характеризує призначення і способи застосування добавки та механізм дії її нано- і мікроструктурних елементів, визначають за бальною шкалою від “0,1” до “1,5”. Найнижчий бал (0,1) встановлюють для профілактичної добавки, яку застосовують у складі технічної рідини, палива або мастильного матеріалу і яка має повільну очищуючу дію. Бальна оцінка зростає із проявом відновлюючих властивостей, підвищенням швидкості очищуючої дії, універсалізацією способу доставки добавки до контактуючих поверхонь. Відповідно найвищий бал (1,5) встановлюють для профілактичної і відновлюючої антифрикційної добавки безпосереднього застосування або у складі носіїв і яка має швидку дію із пластичним деформуванням мікроступів, заповненням мікротріщин і утворенням плівок.

Показник $K_{3,1}$, який характеризує кількість патентів і пріоритетність, визначають за формулою:

$$K_{3,1} = 0,1(100n_{\text{в}} + n_{\text{п}} + c_{\text{в}}), \quad (17)$$

де $n_{\text{в}}$ – кількість наукових відкриттів, шт.; $n_{\text{п}}$ – кількість авторських свідоцтв і патентів, шт.; $c_{\text{в}}$ – вік розробки (пріоритету), роки.

Показник $K_{3,2}$, який враховує наявність промислового виготовлення, термін присутності на ринку з

початку промислового виготовлення і обсяги виробництва та продажів, визначають за формулою:

$$K_{3,2} = 1 + 0,1c_p + 0,01Q_{вп}, \quad (18)$$

де c_p – термін присутності добавки на ринку, роки; $Q_{вп}$ – середні річні обсяги виробництва та продажу добавки, тис. грн.

Показники якості II рівня (групові показники рівня якості) P_i розраховують як суму показників якості III рівня у даній групі, крім P_2 , який дорівнює $K_{1,7}$.

Інтегральний показник якості розраховують за формулою:

$$I = \sum_{i=1}^6 \xi_i P_i, \quad (19)$$

де ξ_i – вагомості групових показників, які визначили методом аналізу ієрархій і отримали такі значення: $\xi_1=0,471$; $\xi_2=0,214$; $\xi_3=0,137$; $\xi_4=0,088$; $\xi_5=0,029$; $\xi_6=0,061$.

Коефіцієнт конкурентоздатності ВАПД розраховують за формулою:

$$K_{кз} = \frac{I}{Ц}, \quad (20)$$

де $Ц$ – ціна добавки, грн.

Для апробації розробленої методики оцінювання рівня якості ВАПД було проаналізовано і оброблено результати лабораторних досліджень, стендових і експлуатаційних випробувань добавки «РВС ПС» у НПО «Руспромремонт» (РФ), «НТО «НВЦ» (РФ), ЗабНИИОТ (РФ), ЗабНИИЖТ (РФ), ГОСНИТИ (РФ), СПБГТУ (РФ), ЧГАУ (РФ), ООО «Высокие технологии» (Україна) за період з 1996 р. по 2010 р. Об'єм вибірки становив близько 230 автотракторних, судових і тепловозних дизелів, 30 двигунів з іскровим запаленням, 30 КЗП, редукторів, компресорів, насосів, підшипникових вузлів і ходових систем «колесо-рельс». «РВС ПС» – це суспензія, гель або тверда суміш із більш ніж трьома діючими мікроструктурними елементами, розміром від 1 мкм до 20 мкм, які отримали диспергаційним способом ($K_{2,1}=0,8$). «РВС ПС» – це профілактична і відновлююча антифрикційна добавка, безпосереднього застосування або у складі носіїв, швидкої дії із зколюванням мікровиступів, заповненням мікротріщин і утворенням плівок та металокерамічних захисних шарів ($K_{2,2}=1,5$).

Добавка «РВС ПС» захищена одним науковим відкриттям, 6-ма патентами і має пріоритет з 1995 р. Тоді, згідно із формулою (17) показник $K_{3,1}$ буде становити: $K_{3,1}=0,1(100 \cdot 1 + 6 + 20)=12,6$.

Добавка «РВС ПС» присутня на ринку з 1998 р. (17 років). Тоді $K_{3,2}=1+0,1 \cdot 17=2,7$.

За формулою (19) інтегральний показник якості добавки «РВС ПС» буде становити 3,978. Результати розрахунків наведено у табл. 2.

За результатами цього дослідження отримано середні значення показника $K_{1,1}$ в інтервалах значень показника $K_{1,3}$ (рис. 1).

Ця залежність показує, що найбільших значень ступеню відновлення ($K_{1,1}$ становить близько 36 %)

досягають за зношеності спряження, вузла або агрегату у межах від 80 % до 100 % (у інтервалі значень $K_{1,3}$ від 0,8 до 1,0). Якщо ступінь зношеності менше 40 %, то відновлення майже не відбувається і, відповідно, застосовувати добавку не доцільно.

Таблиця 2

Результати розрахунків показників рівня якості добавки «РВС ПС»

Позначення	Середнє значення показника	Середнє квадратичне відхилення	P _i	I
K _{1.1}	0,352	0,279	5,74	3,978
K _{1.2}	2,418	1,192		
K _{1.3}	0,752	0,333		
K _{1.4}	1,918	—		
K _{1.5}	0,3	—		
K _{1.6}	0	—		
K _{1.7}	0,298	—	0,298	
K _{1.8}	-0,3	—	0,3	
K _{1.9}	0,7	0,915		
K _{1.10}	д.н.в.*	—		
K _{1.11}	д.н.в.	—		
K _{1.12}	-0,1	—	2,0	
K _{1.13}	2,0	—		
K _{1.14}	д.н.в.	—	2,3	
K _{2.1}	0,8	—		
K _{2.2}	1,5	—	15,3	
K _{3.1}	12,6	—		
K _{3.2}	2,7	—		
Ціна (на один ДВЗ), тис. грн	—	—	—	0,72
K _{кз}	—	—	—	5,525

Примітка: * – дані не виявлено

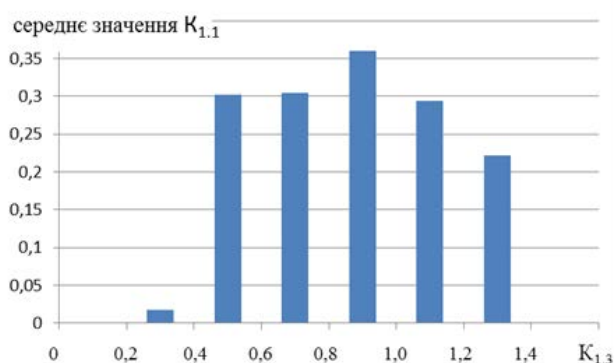


Рис. 1. Середні значення показника $K_{1,1}$ в інтервалах значень показника $K_{1,3}$

На підставі цього дослідження і розробленої класифікації [3] можна дати визначення добавки «РВС ПС» та означити її технічні характеристики (табл. 3). «РВС ПС» – це функціональний (відновлюючий) матеріал, який відноситься до групи ревіталізаторів (геоактиваторів), у вигляді гелю або суспензії на основі технічної оливи, що містить мікрочастинки мінералів амезиту, піролюзиту, метасилікату і серпофіту, які отримали механічним диспергуванням у млині і де-

зінтеграторі до розмірів від 0,1 мкм до 10 мкм, повністю безпечний для здоров'я людини та використовується у складі експлуатаційних марок паливно-мастильних матеріалів або подається безпосередньо на контактуючі поверхні деталей у відкритих спряженнях з метою утворення антифрикційних і зносостійких металокерамічних покриттів і модифікації тертя.

Таблиця 3

Технічні характеристики добавки «РВС ПС»

№	Назва	Значення
1	Ступінь відновлення параметрів технічного стану або діагностичних параметрів агрегату, вузла, спряження, %	30–40
2	Відносна стійкість проти деградації параметрів технічного стану або діагностичних параметрів агрегату, вузла, спряження після застосування добавки, рази	2,3–2,5
3	Рекомендуємий ступінь зношення агрегату, вузла, спряження перед застосуванням добавки, %	80–100
4	Ступінь комплексного прояву антифрикційних, протизадирних, протизношувальних і відновлюючих властивостей, %	25–35
5	Екологічна безпечність	Повністю безпечна
6	Витрата суспензії (мінералів) на 1 л масла, мл (г)	16 (0,02–0,05)
7	Товщина нарощеного металокерамічного захисного шару, мм	0,2–0,6
8	Тривалість відновлення (час накатування і утворення металокерамічного захисного шару), мотогод.	50–200
9	Негативний вплив на якість оливи і масла	відсутній
10	Патентозахищеність, пріоритетність і промислова придатність	висока
11	Інтегральний показник рівня якості	3,978
12	Коефіцієнт конкурентоздатності за ціною 0,72 тис. грн/на двигун	5,525

Означені технічні характеристики добавки «РВС ПС» мають бути відображені у технічних умовах на її виготовлення та у настанові з використання і доступними для споживача. У цьому разі споживач після співставлення з технічними характеристиками інших

ВАПД більш зважено прийме рішення: купувати йому цю добавку чи іншу. Очевидно, що у процесі вдосконалення добавки будуть покращуватись її технічні характеристики, а ціна буде визначатись присутністю на ринку автотехсервісу інших ВАПД подібного класу.

6. Висновки

У цьому дослідженні удосконалено спосіб оцінювання рівня якості відновлюючих антифрикційних протизносних добавок (ВАПД) до паливно-мастильних матеріалів шляхом розроблення відповідної методики, яка побудована на вирішенні проблеми перетворення багатокритеріальної задачі (18 показників якості) оцінювання якості у однокритеріальну (один інтегральний показник якості). Вказаного удосконалення вдалось досягти шляхом детального аналізування, оброблення і систематизації результатів лабораторних досліджень, стендових і експлуатаційних випробувань ВАПД, класифікації ВАПД, обґрунтування параметрів процесу експлуатаційного відновлення спряжень, вузлів і агрегатів машин із застосуванням ВАПД, застосування прогресивного методу аналізу ієрархій.

Методика включає три рівні показників якості ВАПД, їх означення та групування, формули для їх розрахунку або бальну оцінку, вагомості групових показників, послідовність розрахунків, приклад застосування методики для добавки «РВС ПС» та її технічні характеристики.

Апробація розробленої методики оцінювання рівня якості ВАПД для добавки «РВС ПС» підтвердила її роботоздатність і дала кількісну оцінку рівня якості цієї добавки у вигляді інтегрального показника, який становить 3,978, а коефіцієнт конкурентоздатності становить 5,525. Якщо у подальшому визначити ці показники для інших ВАПД, то це значно спростить вибір найбільш ефективних добавок і означить напрями їх подальшого вдосконалення.

Встановлено, що добавка «РВС ПС» проявляє найбільшу ефективність у спряженнях, вузлах і агрегатах, зношених від 80 % до 100 %, а ступінь відновлення параметрів технічного стану становить близько 36 %. Якщо ступінь зношеності менше 40 %, то відновлення взагалі не відбувається.

Література

1. Супротек, Супротек-Атомиум. Главная [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://atomium-spb.ru/> – 14.07.2015. – Загл. с экрана.
2. Ольховацкий, А. К. Применение наноматериалов для повышения эксплуатационных показателей дизелей тракторов [Текст] / А. К. Ольховацкий, Д. А. Гительман. // Вестник ЧГАА. – 2011. – Т. 58. – С. 143–145.
3. Ольховацкий, А. К. Методика выбора рационального трибопрепарата для продления послеремонтного ресурса ДВС в сельскохозяйственных предприятиях [Текст] / А. К. Ольховацкий, Д. А. Гительман // Труды ГОСНИТИ. – 2012. – Т. 110, часть 1. – С. 75–78.
4. Лялякин, В. П. Наноматериалы для продления послеремонтного ресурса тракторных трансмиссий и экономии топлива [Текст] / В. П. Лялякин, А. К. Ольховацкий, Д. А. Гительман, А. П. Шавкунов // Труды ГОСНИТИ. – 2010. – Т. 105. – С. 53–56.
5. Александров, В. А. Повышение долговечности автотракторных дизелей применением присадки к моторному маслу на основе наночастиц цветных металлов [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. А. Александров. – Саратов, 2006. – 204 с.
6. Черноиванов, В. И. Перспективы применения нанотехнологий как прорывного фактора повышения качества обслуживания и ремонта машин [Текст] / В. И. Черноиванов // Труды ГОСНИТИ. – 2010. – Т. 105. – С. 4–12.
7. Фрейк, Д. М. Технологічні аспекти нанокластерних і нанокристалічних структур (огляд) [Текст] / Д. М. Фрейк, Б. П. Яцишин // Фізика і хімія твердого тіла. – 2007. – Т. 8, № 1. – С. 7–24.

8. Фастовець, П. М. Класифікація наноструктурованих матеріалів для інженерії поверхні деталей машин [Текст] / П. М. Фастовець // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Т. 3, № 5 (57). – С. 19–25. – Режим доступа: <http://journals.urpn.ua/eejet/article/view/4025/3692>
9. Фастовець, П. М. Наукові аспекти застосування відновлюючих антифрикційних протизносних добавок до паливно-мастильних матеріалів [Текст] / П. М. Фастовець // Механізація та електрифікація сільського господарства. Міжвідомчий тематичний науковий збірник ННЦ “ІМЕСГ”. – 2015. – Вип. 100.
10. Фасхiev, X. A. Анализ методов оценки качества и конкурентоспособности грузовых автомобилей [Текст] / X. A. Фасхiev // Методы менеджмента качества. – 2001. – № 3. – С. 24–28.
11. Фасхiev, X. A. Анализ методов оценки качества и конкурентоспособности грузовых автомобилей [Текст] / X. A. Фасхiev // Методы менеджмента качества. – 2001. – № 4. – С. 21–26.
12. Крахмалева, A. B. Методика оценки качества автомобилей [Текст] / A. B. Крахмалева, X. A. Фасхiev // Маркетинг в России и за рубежом. – 2005. – № 4. – Режим доступа: <http://dis.ru/library/520/25548/>
13. RVS. Главная страница. СМИ. Дополнительно информация о РВС технологии и результатах её применения можно получить из следующих источников [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://rvs.at.ua/index/smi/0-10> - 14.07.2015 г. – Загл. с экрана.
14. Научное открытие № 323. Свойство высокоэнергетических минеральных веществ изменять параметры триботехнических систем [Текст] / Зуев В. В., Лазарев С. Ю., Лавров Ю. Г., Денисов Г. А., Маринич Т. Л., Половинкин В. Н., Соловьев А. П., Холин А. Н. – Зарегистрировано: 02.02.2007. – Приоритет открытия: 16.11.1995.
15. Исследование воздействия обработки ДВС тепловоза ЗМ63 по РВС - технологии без разборки в режиме штатной эксплуатации (по договору №561 от 29.07.99г.) [Электронный ресурс]: отчет о НИР / НТО “НВЦ” и ЗаБИЖТ, рук. В. В. Тишаков. – Чита, 2000. – 58 с. – Режим доступа: <https://yadi.sk/d/06ycBfSbBMzK>

Аналіз процесу функціонування транспортно-складських комплексів дозволив виявити недоліки їхньої технології. Формалізовано критерій ефективності функціонування транспортно-складського комплексу, що являє собою питомі витрати на переробку вантажу. Виявлено, що найбільший вплив на питомі витрати, пов'язані з переробкою вантажу на транспортно-складському комплексі, має кількість навантажувально-розвантажувальних механізмів

Ключові слова: транспортно-складський комплекс, технологія, технологічні параметри, собівартість переробки вантажу, модель

Анализ процесса функционирования транспортно-складских комплексов позволил выявить недостатки их технологии. Формализован критерий эффективности функционирования транспортно-складского комплекса, который представляет собой удельные затраты на переработку груза. Определено, что наибольшее влияние на удельные затраты, связанные с переработкой груза на транспортно-складском комплексе, имеет количество погрузочно-разгрузочных механизмов

Ключевые слова: транспортно-складской комплекс, технология, технологические параметры, себестоимость переработки груза, модель

УДК 656.073

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.51396

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНО- СКЛАДСЬКОГО КОМПЛЕКСУ НА СОБІВАРТІСТЬ ПЕРЕРОБКИ ВАНТАЖУ

Н. Ю. Шраменко

Доктор технічних наук, професор
Кафедра транспортних технологій

Харківський національний
автомобільно-дорожнього університет

вул. Петровського, 25, м. Харків, Україна, 61002

E-mail: nshramenko@gmail.com

1. Вступ

Транспортно-складські комплекси (ТСК), які мають суттєве значення при просуванні матеріальних потоків, можна віднести до представників технології 3-PL – «Third Party Logistics». Складські операції та-

кож являються суттєвою складовою частиною діяльності 4-PL та 5-PL провайдерів, що мають важливе значення у логістичних ланцюгах.

Має місце ряд проблем, що стосуються використання ресурсів транспортно-складських комплексів. Постійний розвиток 3-PL, 4-PL та 5-PL провайдерів по-